

AVERTISSEMENT

Les auteurs de ce manuel pratiquent les différentes techniques liées à la mise au point et au dépannage des installations de froid et de climatisation depuis de très nombreuses années.

L'objectif de ce manuel est d'apporter une réponse simple et compréhensible aux principales questions que se posent les dépanneurs qui souhaitent se former ou de se perfectionner.

Ce n'est pas un ouvrage de technologie de plus (il y en a énormément de disponibles) et de nombreux phénomènes ont été volontairement très simplifiés, dans un souci d'efficacité pédagogique, de sorte à rester accessible au plus grand nombre.



Vous allez rapidement vous rendre compte à quel point ce manuel est différent de ceux que vous connaissez déjà.

En appliquant sur le chantier les techniques très simples qui y sont exposées, vous allez à coup sûr faire des progrès très significatifs en dépannage et acquérir une nouvelle maîtrise de votre métier.

La première édition de ce Manuel (1990) avait 277 pages.

La seconde édition (1994) avait 417 pages.

La troisième édition (1999) avait 626 pages.

La quatrième édition (2004) avait 845 pages.

La cinquième édition (2009) avait 1007 pages.

Cette sixième édition avec 1387 pages a été entièrement réactualisée, modernisée et complétée avec pour objectif d'en simplifier l'étude.

Vos remarques et suggestions sont les bienvenues.

6 ème édition - Mars 2014

Pour nous joindre, voir nos coordonnées (Internet, Email et téléphone) au dos de la couverture du manuel.

SOMMAIRE

La relation pression-température	Explications détaillées	13
Condenseur à air	Exo 1 (remplissage des bouteilles de fluide)	17
Le glissement de température	Fonctionnement normal, les différents $\Delta\theta$	19
Le R407C, θ de rosée, θ de bulle et sous refroidissement	Le sous-refroidissement, explications	22
	Qu'est-ce que le glissement ?	23
	Problèmes liés au glissement de température	24
	Sous-refroidissement anormal (fluides purs et avec glissement)	26
QUIZ n°1	Exo 2 (problème de montage du condenseur)	29
Évaporateur à détente directe	10 questions sur les 4 chapitres précédents	Nouveau 31
	Fonctionnement normal (fluides purs et avec glissement)	33
	La surchauffe, explications	35
Le R410A	Prise de connaissance, surchauffe et sous refroidissement	36
Le détendeur thermostatique	A égalisation interne, étude du fonctionnement	39
Mesure de la surchauffe	Avec les fluides à fort glissement, analyse des pièges	40
Surchauffe anormale	Analyse (fluides purs et avec glissement)	42
QUIZ n°2	11 questions sur les 5 chapitres précédents	Nouveau 44
Influence de la surchauffe sur la puissance frigorifique		45
Influence de la température de l'air sur la puissance frigorifique		47
Influence de la température de l'air sur la BP et sur le $\Delta\theta$ total		48
	Exo 3 (application du $\Delta\theta$ total à l'évaporateur)	48
Pourquoi une BP est-elle anormalement faible ?		49
Influence des pressions HP et BP sur la puissance frigorifique		50
	Exos d'application 4, 5 et 6 (BP et HP varient : que se passe-t-il ?)	53
Influence de la HP sur l'intensité absorbée		55
QUIZ n°3	11 questions sur la puissance frigorifique	Nouveau 56
Détendeurs thermostatiques	Qu'est ce que la capacité d'un détendeur ?	57
	Analyse des problèmes de pompage des détendeurs	59
	Méthode de réglage détaillée	61
	Exo 7 (montage d'un évaporateur)	63
	Détendeur à égalisation interne, rappel du fonctionnement	64
	Inconvénient de l'égalisation interne avec un évapo à forte PdC	65
	Exo 8 (avantage de l'égalisation externe)	67
	Exo 9 (Mise à vide d'un gros circuit par une VEM 1/4")	69
	Exo 10 (égalisation externe mal raccordée)	70
	Exo 11 (VEM 1/4" et mise à vide, suite et fin)	71
Électrovanne	Pression différentielle maximale d'ouverture	72
QUIZ n°4	11 questions sur les détendeurs thermostatiques	Nouveau 74
Détendeurs thermostatiques, suite	Charge du train thermostatique en liquide	75
	Charge à adsorption	76
	Charge MOP, explications détaillées	77
Quel est l'intérêt de la charge MOP ?	Analyse des problèmes de remise en service après un dégivrage	79
	Problème de l'emplacement du bulbe du détendeur	84
	Exo 12 (position du bulbe verticale ou horizontale ?)	85
QUIZ n°5	11 questions sur le type et le montage des détendeurs	Nouveau 88
Climatisation et froid commercial	Comparaison entre les divers paramètres fonctionnels	89
	Exo 13 (froid commercial, températures diverses)	Nouveau 94
	Exo 14 (clim au R410A, températures diverses)	Nouveau 95
	Exo 15 (clim au R407C, températures diverses)	Nouveau 98
Dépannages	Introduction aux 8 familles principales de pannes	103
Panne du détendeur trop petit	Analyse des symptômes	105
	Synthèse des symptômes	109
	Méthodologie du diagnostic	110
	Résumé	111
	Aspect pratique, différentes possibilités	112

QUIZ n°6	11 questions sur les 3 chapitres précédents	Nouveau	121
Problème des fuites de fluide frigorigène	Que dit la réglementation ?		122
Recherche des fuites de fluide frigorigène	Analyse de différentes méthodes		124
	Exo 16 (épreuve d'étanchéité d'un circuit)		128
Problème de la charge en fluide	A quoi sert la bouteille liquide ?		129
	Comment dimensionner la bouteille liquide ?		131
	La HP augmente-elle pendant la mise à vide		132
	Comment savoir si la charge est satisfaisante ?		133
Panne du manque de charge	Analyse des symptômes		135
	Synthèse des symptômes		138
	Méthodologie du diagnostic		139
	Résumé		140
	Aspect pratique		141
Problème du flash gas dans la ligne liquide	Analyse complète et détaillée du phénomène		145
	Exo 17 (flash gas avec l'évapo au-dessus du condenseur)		150
	Exo 18 (flash gas avec l'évapo en dessous du condenseur)		151
Panne de la prédétente	Analyse des symptômes		153
	Synthèse des symptômes		158
	Méthodologie du diagnostic		159
	Résumé		160
	Aspect pratique		162
QUIZ n°7	11 questions sur les 2 chapitres précédents	Nouveau	165
Panne de l'évaporateur trop petit	Analyse des symptômes		166
	Synthèse des symptômes		170
	Méthodologie du diagnostic		171
	Résumé		172
	Aspect pratique		173
QUIZ n°8	11 questions sur la panne de l'évapo trop petit	Nouveau	192
Synthèse des pannes BP	Exo 19 (dépannage chambre froide R404A)	Nouveau	194
	Exo 20 (dépannage petite clim R410A)	Nouveau	194
	Exo 21 (dépannage chambre froide R417A)	Nouveau	195
	Exo 22 (dépannage petite clim R427A)	Nouveau	195
	Exo 23 (dépannage petite clim R22)	Nouveau	198
	Exo 24 (dépannage petite clim R407C)	Nouveau	198
	Exo 25 (organigramme des pannes BP)	Nouveau	203
Problème des bris de clapets	Analyse complète et détaillée du problème		205
	Exo 26 (clapet HP cassé)		209
Panne du compresseur trop petit	Analyse des symptômes		214
	Synthèse des symptômes		217
	Méthodologie du diagnostic		218
	Résumé		219
	Aspect pratique		220
QUIZ n°9	11 questions sur la panne du compresseur trop petit	Nouveau	226
Panne de l'excès de charge	Analyse des symptômes		227
	Synthèse des symptômes		231
	Méthodologie du diagnostic		232
	Résumé		233
	Aspect pratique		234
Interprétation du test des incondensables	Comment les détecter, faire les tester et les retirer ?		235
Panne des incondensables	Analyse des symptômes		239
	Synthèse des symptômes		242
	Méthodologie du diagnostic		243
	Résumé		244
	Aspect pratique		245
Panne du condenseur trop petit	Analyse des symptômes		247
	Synthèse des symptômes		251
	Méthodologie du diagnostic		252
	Résumé		253
Synthèse des pannes HP	Exo 27 (dépannage chambre froide R404A)	Nouveau	254

QUIZ n°10

Synthèse des pannes BP et HP

Problème des migrations de fluide frigo.

Exercice de synthèse

QUIZ n°11

Arrêt des compresseurs frigorifiques

QUIZ n°12

Problème des retours d'huile

Jeu des 12 erreurs

QUIZ n°13

Raccordement des évaporateurs

Le détendeur pressostatique

Le détendeur capillaire

QUIZ n°14

Les courts cycles des compresseurs

Régulateur de capacité

QUIZ n°15

QUIZ n°16

Pourquoi réguler les condenseurs à air ?

Problème du démarrage des compresseurs par de faibles θ extérieures

Durée du démarrage par temps froid

QUIZ n°17

Régulation des cond. à air par vanne HP

Régulation par vanne HP

QUIZ n°18

Mesure d'un débit d'air

Conseils de dépannage

Exo 28 (dépannage petite clim R410A)	Nouveau	254
Exo 29 (dépannage chambre froide R417A)	Nouveau	255
Exo 30 (dépannage petite clim R427A)	Nouveau	255
Condenseur trop petit : Aspect pratique		261
11 questions sur les pannes HP	Nouveau	272
Exo 31 (organigramme détaillé)	Nouveau	273
Exo 32 (dépannage chambre froide 134a)	Nouveau	276
Exo 33 (dépannage petite clim R410A)	Nouveau	276
Exo 34 (dépannage chambre froide R417A)	Nouveau	277
Exo 35 (dépannage petite clim R427A)	Nouveau	277
Exo 36 (dépannage chambre froide R404A)	Nouveau	281
Exo 37 (dépannage petite clim R407C)	Nouveau	281
Analyse complète et détaillée du problème		285
Exo 38 (utilisation de tableaux de tendances)	Nouveau	295
11 questions sur les migrations de fluide frigorigène	Nouveau	296
Analyse détaillée des différentes techniques utilisées		297
Exo 39 (protection minimum)		298
Exo 40 (tirage au vide automatique)		299
Exo 41 (tirage au vide unique)		301
Exo 42 (tirage au vide unique - option 1)		301
Exo 43 (tirage au vide unique - option 2)		303
Exo 44 (relais de sécurité)		304
Exo 45 (réarmement après coupure de courant)		306
11 questions sur l'arrêt des compresseurs	Nouveau	307
Analyse complète et solutions aux problèmes posés		309
Exo 46 (trouver 12 erreurs de montage)		324
11 questions sur les problèmes de retours d'huile	Nouveau	329
Conception des évapos modernes		330
Fonctionnement et problèmes divers avec ce type de détendeur		334
Exo 47 (problème de la charge en fluide)		336
Exo 48 (utilisation sur des évaporateurs montés en parallèle)		339
Analyse détaillée et problèmes divers		340
Exo 49 (faut-il utiliser une bouteille liquide ?)		341
Exo 50 (comment recopier un capillaire étalon ?)		350
11 questions sur les détendeurs pressost. et capillaires	Nouveau	351
Analyse détaillée du problème et des solutions à apporter		353
Exo 51 (permutation de pilote)		357
Exo 52 (relais anti courts-cycles)	Nouveau	359
Exo 53 (amélioration des schémas)		360
Mode d'emploi complet et détaillé, y compris analyse des pannes		364
Exo 54 (injection sur l'aspiration)		369
Exo 55 (efficacité énergétique du système)		371
Exo 56 (comment régler le régulateur ?)		369
11 questions sur les courts cycles et le rég. de capacité	Nouveau	379
11 questions sur le régulateur de capacité	Nouveau	380
Problème des HP trop faibles		381
Exo 57 (dépannage)		383
Exo 58 (dépannage)		385
Analyse du problème et comment y remédier ?		389
11 questions sur la régulation des condenseurs à air	Nouveau	391
Utiliser une vanne pré-réglée ou une vanne réglable ?		392
Analyse complète des erreurs à ne pas commettre et des pannes		394
Exo 59 (dépannage, problème de dénivélé)		397
Exo 60 (dépannage, problème de migration)		399
Exo 61 (dépannage, réglage du ventilo-condenseur)		402
11 questions sur la régulation par vanne HP	Nouveau	405
Utilisation de l'anémomètre, estimation des débits		406
Rappels sur la conduite à tenir lors d'un dépannage		408

La technique du toucher
Régulateurs de démarrage

QUIZ n°19

La vanne 4 voies d'inversion de cycle

QUIZ n°20

Le climatiseur réversible

Les moteurs monophasés

QUIZ n°21

QUIZ n°22

QUIZ n°23

Dépannage électrique

QUIZ n°24

Les moteurs triphasés

Problèmes électriques divers

QUIZ n°25

Problèmes du démarrage des moteurs

Démarrage direct et en Part Winding

Exos 62 et 63 (diagnostic de panne sur petite clim)	Nouveau	411
Exos 64 et 65 (diagnostic de panne sur petite clim)	Nouveau	413
Exos 66 et 67 (diagnostic de panne sur petite clim)	Nouveau	415
Exos 68 et 69 (diagnostic de panne sur petite clim)	Nouveau	417
Pour évaluer une température ou un $\Delta\theta$		419
Une solution à la remise en route après un dégivrage ?		424
Exo 70 (fonctionnement du régulateur)		427
Exo 71 (incompatibilité entre régulateur et détenteur MOP)		429
Exo 72 (comment régler un régulateur de démarrage ?)		431
11 questions sur les régulateurs de démarrage	Nouveau	433
Exo 73 (diagnostic de panne sur petite clim)	Nouveau	434
Fonctionnement détaillé, montage et risques de pannes		435
Exo 74 (tiroir bloqué en position intermédiaire)		439
Exo 75 (comment remplacer une V4V ?)		443
Exo 76 (bouteille anti coups de liquide)		444
Exo 77 (Dépannage, la vanne ne bascule pas)		448
Exo 78 (ΔP maxi d'une V4V)		450
11 questions (vannes 4 voies d'inversion de cycle)	Nouveau	451
Fonctionnement 'été' et 'hiver'		453
Compresseur Scroll et compresseur à palette		455
Fonctionnement du déshydrateur bi-directionnel		458
Exo 79 (PAC avec 2 capillaires)		459
Exos 80 et 81 (Dépannage sur PAC réversible)	Nouveau	462
Exos 82 et 83 (Dépannages sur PAC réversible)	Nouveau	463
Étude complète et détaillée		467
11 questions (clims réversibles et moteurs monos)	Nouveau	471
Exo 84 (repérage des enroulements)		472
Exo 85 (repérages de défauts sur le moteur)		474
Exo 86 (repérage des différents types de condensateurs)		475
Exo 87 (choix du calibre de l'ohmmètre)		488
Exo 88 (repérage des relais de tension)		490
Exo 89 (Les différents montages avec relais de tension)		491
Exo 90 (repérage des moteurs monos multi-vitesses)		495
11 questions sur les moteurs monophasés	Nouveau	497
11 questions sur les moteurs monophasés (suite)	Nouveau	498
Initiation aux techniques de dépannage rapide		499
Exo 91 (dépannage au voltmètre)		505
Exos 92 et 93 (problèmes d'auto-maintien)		509
Exo 94 (comment sonner des fusibles ?)		513
Exo 95 (entraînement au dépannage au voltmètre)		514
Exo 96 (entraînement au dépannage au voltmètre)		515
Exo 97 (dépannage à l'ohmmètre)		516
Exo 98 (dépannage à l'ohmmètre, les pièges)		517
Exo 99 (problème des récepteurs en parallèle)		519
11 questions sur le dépannage électrique	Nouveau	522
Exo 100 (entraînement à la lecture de potentiels)	Nouveau	523
Exo 101 (entraînement au dépannage au voltmètre)	Nouveau	525
Étude complète de ce type de moteurs		527
Exo 102 (montage en triangle)		529
Exo 103 (montage en étoile)		530
Exo 104 (tensions et intensités en triangle)		531
Exo 105 (Choix du couplage en fonction de la tension d'alim.)		533
Sous-tension, surtension, couple moteur, thermiques, fusibles		535
11 questions (moteurs tri et problèmes électriques)	Nouveau	543
Les chutes de tension en ligne		544
Moteurs spéciaux à enroulements fractionnés		546
Exo 106 (repérage des enroulements d'un moteur PW)		547
Exo 107 (schéma de puissance et de commande)		549
Exo 108 (moteur PW de type 66/33%)		551

QUIZ n°26**Le Démarrage statorique****Le Démarrage Étoile-Triangle****QUIZ n°27****Introduction à l'électronique****Les semi-conducteurs****Le courant alternatif redressé****QUIZ n°28****Quelques précisions sur l'électronique****Les hacheurs de courant monophasés****Le variateur de fréquence Inverter****Fonctionnement du détendeur électronique****QUIZ n°29****Le Split Inverter froid seul****Le multi-Split Inverter froid seul****Le multi-Split Inverter réversible****QUIZ n°30****La technologie VRV 2 tubes****La technologie VRV 3 tubes****QUIZ n°31****Les moteurs triphasés à 2 vitesses****QUIZ n°32****Régulation de puissance électromécanique des compresseurs**

Exo 109 (échange d'un moteur PW 66/33 par un PW 50/50)	552
Exo 110 (dépannage après un échange standard de moteur)	554
Exo 111 (analyses des moteurs PW bi-tension à 9 bornes)	556
11 questions (démarrage direct et en Part Winding)	Nouveau 557
Par résistances métalliques, transition ouverte ou fermée	Nouveau 560
Exo 112 (schéma d'un démarrage statorique à 3 temps)	Nouveau 561
Par résistances électrolytiques	Nouveau 563
Exo 113 (problème de couplage)	Nouveau 565
Exo 114 (schémas de puissance et de commande)	Nouveau 567
Exo 115 (où placer judicieusement le relais thermique ?)	Nouveau 569
11 questions sur les démarrages statoriques et YΔ	Nouveau 572
Généralités sur la constitution de la matière	573
Exo 116 (structure de l'atome de chlore)	575
Exo 117 (l'alumine et l'acide fluorhydrique)	Nouveau 576
Exos 118 et 119 (les conducteurs et les isolants)	577
La diode, explications détaillées	580
Exos 120 et 121 (la diode en sens inverse et en sens direct)	582
Exo 122 (influence sur la tension)	584
Généralités sur le redressement du courant	585
Exo 123 (redressement simple alternance)	587
Exo 124 (essai lampes par relais)	Nouveau 588
Exo 125 (essai lampes par diodes)	Nouveau 589
Exo 126 (rôle du condensateur)	589
Exo 127 (le pont de diodes)	591
Exo 128 (pont de diodes + condensateur)	592
11 questions sur les 3 chapitres précédents	Nouveau 594
La LED, l'opto-transistor, thyristor, triac et le µP	595
Analyse du fonctionnement de ces 'vannes de courant'	598
Exo 129 (rôle de l'opto-triac en cas de court-circuit)	599
Explications détaillées, fonctionnement électronique simplifié	601
Analyse détaillée du moteur pas-à-pas de ce type de détendeur	607
Exo 130 (application sur un climatiseur Inverter)	610
Exo 131 (rôle des sondes sur le climatiseur Inverter)	611
Exo 132 (problème de l'huile dans le circuit)	612
11 questions sur les 4 chapitres précédents	Nouveau 613
Exo 133 (rôle des sondes sur l'unité intérieure)	615
Exo 134 (rôle des sondes sur l'unité extérieure)	617
Fonctionnement détaillé, câblage, communication entre unités	620
Exo 135 (fonctionnement en été et en hiver)	623
Exo 136 (fonctionnement en dégivrage)	625
11 questions sur les splits Inverter	Nouveau 627
Exo 137 (montage des compresseurs en parallèle)	628
Exo 138 (problème de l'huile dans le circuit)	629
Exo 139 (2 compresseurs de puissance différente)	629
Explication du fonctionnement en plein froid	632
Exo 140 (fonctionnement plein chaud)	633
Exo 141 (fonctionnement majoritaire en froid)	635
Exo 142 (fonctionnement majoritaire en chaud)	637
11 questions sur la technologie VRV	Nouveau 641
A enroulements séparés ou de type Dahlander	642
Exos 143 et 144 (schémas puissance et de commande)	643
Exo 145 (problème du passage de GV en PV)	644
Exo 146 (repérage d'un moteur Dahlander)	645
Exo 147 (comment 'sonner' un moteur Dahlander ?)	646
Exo 147 (schéma de base avec un Dahlander)	647
Exo 147 (schéma complet avec un Dahlander)	649
Exos 150 à 153 (lecture de schémas)	Nouveau 650
11 questions sur les moteurs triphasés 2 vitesses	Nouveau 652
Régulation de puissance électromécanique des compresseurs	Nouveau 653

QUIZ n°33**Le pressostat différentiel d'huile :****QUIZ n°34****Pourquoi le pressostat d'huile coupe-t-il ?****QUIZ n°35****La vanne à eau pressostatique****QUIZ n°36****Panne du condenseur à eau trop petit****Les condenseurs multitubulaires****QUIZ n°37****Le Dry-cooler****QUIZ n°38****L'air sec et l'air humide****Quelques notions de psychrométrie****QUIZ n°39****La tour de refroidissement (ouverte)****QUIZ n°40****Hydraulique : notion de charge****QUIZ n°41****Hydraulique : notion de perte de charge****QUIZ n°42****Pressions en jeu en hydraulique**

Exos 154 et 155 (électrovanne montée sur une culasse)	Nouveau	654
Exo 156 (électrovannes montées sur le carter)	Nouveau	656
11 questions (régulation de puissance des compresseurs)	Nouveau	660
Fonctionnement complet et détaillé		661
Exo 157 (HMT de la pompe à huile)		662
Exo 158 (câblage du contact pressostatique)		663
Exo 159 (différentes possibilités de câblage)		665
Exo 160 (quel est le bon câblage ?)		667
Exo 161 (les erreurs de montage à ne pas commettre)		670
Exo 162 (les erreurs de raccordement)		671
Exo 163 (problème de tension d'alimentation)		673
11 questions sur les pressostats d'huile	Nouveau	675
Analyse complète des causes de dysfonctionnement		676
11 questions sur les coupures au pressostat d'huile	Nouveau	685
Étude détaillée de l'appareil		687
Exos 164 et 165 (montage de la vanne)		690
Exo 166 (piquage sur la vanne de départ liquide)		693
Exo 167 (problème de tirage au vide)		694
11 questions sur la vanne pressostatique	Nouveau	698
Condenseur régulée par une vanne pressostatique		699
Exo 168 (action directe et action inverse de la vanne)		700
Exo 169 (comment faire le test des incondensables ?)		703
Étude détaillée, problème du prix de l'eau		708
Exo 170 (raccordement de l'eau)		710
11 questions sur les 2 chapitres précédents	Nouveau	713
Étude détaillée du fonctionnement de l'appareil		714
Exo 171 (problème de gel)		716
Exo 172 (comparaison avec le condenseur à air)		717
11 questions sur les Dry-cooler	Nouveau	720
Présentation et explications		721
Exo 173 (différence entre air sec et air saturé)		722
Introduction au diagramme de l'air humide		724
Exo 174 (l'hygrométrie relative)		726
Exo 175 (la température humide)		729
Exo 176 (entraînement à la lecture sur le diagramme)		731
11 questions sur les notions de psychrométrie	Nouveau	733
Principe de fonctionnement		735
Exo 177 (température de sortie d'eau)		735
Exo 178 (emplacement du thermostat de régul.)		737
Exo 179 (réglage du thermostat de régulation)		739
Exo 180 (problème du TH de l'eau)		742
11 questions sur les tours de refroidissement	Nouveau	746
Définition, circuits ouverts et circuits fermés		747
Exo 181 (pression en différents points d'un circuit ouvert)		749
Exo 182 (problème d'installation d'une Tour)		750
11 questions sur la notion de charge	Nouveau	746
Analyse complète et détaillée		757
Exo 183 + 184 (évaluation des PdC)		758
Exo 185 (influence du dénivelé sur les PdC)		759
Exo 186 (influence des accessoires sur les PdC)		760
Exo 187 (variations du débit avec la vitesse)		761
Exo 188 (variations du débit avec le diamètre)		762
Exo 189 (variations des PdC avec le débit)		764
11 questions sur les pertes de charge	Nouveau	765
Circuits ouverts et circuits fermés		766
Exo 190 (pressions pompe à l'arrêt puis pompe en marche)		769
Exo 191 (circuit ouvert et très grand dénivelé)		772
Exo 192 (circuit fermé et très grand dénivelé)		773
Exo 193 (Que se passe-t-il si la pompe n'est pas en charge ?)		775

La cavitation des pompes	777
QUIZ n°43	
Hauteur d'aspiration d'une pompe	11 questions (pressions dans un circuit et cavitation) Nouveau 781
	Mise en évidence du NPSH et pompe multicellulaires 782
	Exo 194 (dénivelé maxi) 783
	Exo 195 (synthèse des problèmes et détermination du NPSH) 787
QUIZ n°44	11 questions sur la hauteur d'aspiration des pompes Nouveau 790
La tour indirecte	Généralités, comparaison avec le Dry-cooler 791
	Exo 196 (montage complet et fonctionnement) 793
Les vases d'expansion sous P. d'azote	Étude complète et détaillée 796
	Exo 197 (pourquoi la soupape a-t-elle craché ?) 797
	Exo 198 (pression de remplissage du circuit) 800
	Exo 199 (pression de gonflage du vase trop faible) 802
	Exo 200 (problème de la pression de gonflage du vase) 803
	Exo 201 (pression de gonflage du vase trop élevée) 804
	Exo 202 (détermination de la pression de gonflage du vase) 806
	Exo 203 (contrôle de la pression de gonflage du vase) 807
	Exo 204 (dépannage, vase crevé) 809
QUIZ n°45	11 questions sur les vase d'expansion Nouveau 815
	Exo 205 (calcul complet d'un vase) 816
	Exo 206 (montage des circulateurs) 818
Technologie des pompes	Étude des différentes hypothèses 822
Dépannage : La pompe ne démarre pas	11 questions sur les pompes et les circulateurs Nouveau 826
QUIZ n°46	Comparaison entre eau glacée et détente directe 827
Pourquoi utiliser de l'eau glacée ?	Généralités, emplacement de la pompe et des thermostats 829
L'évaporateur à eau glacée	Exos 207 et 208 (montage et câblage de la pompe) 833
	Exos 209 et 210 (pompes jumelées et thermostat de régul.) 835
QUIZ n°47	11 questions sur les évapos multitubulaires à eau glacée Nouveau 839
Refroidisseurs de liquide	Comparaison avec un climatiseur air-air 840
	Exo 211 (dépannage de rappel) Nouveau 841
Fonctionnement d'un groupe d'eau glacée	Contrôles rapides par "touchers" successifs 846
QUIZ n°48	11 questions sur les refroidisseurs de liquide Nouveau 850
Comment contrôler un débit d'eau ?	Tout sur le flow switch. Exo 212 (histoire d'une panne) 851
	Exo 213 (flow switch et pressostat différentiel) 859
Comment évaluer un débit d'eau ?	Analyse des différentes méthodes 862
	Exo 214 (synthèse des différentes méthodes) 865
	Exo 215 (problème de lecture de la HMT0) 869
QUIZ n°49	11 questions sur les chapitres précédents Nouveau 872
Pannes frigo des refroidisseurs de liquide	Exo 216 (fonctionnement normal) 873
	Exos 217 et 218 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) Nouveau 875
	Exos 219 et 220 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) Nouveau 877
	Exos 221 et 222 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) Nouveau 881
	Exos 223 et 224 (dépannage d'un groupe d'eau glacée) Nouveau 883
	Exos 225 et 226 (maintenance et dépannage) 887
	Exo 227 (schéma hydraulique et vanne à 3 voies) 891
	Exo 228 (montage en boucle d'injection) 893
	Exo 229 (emplacement d'une vanne de boucle) 895
	Exo 230 (raccordement d'une bouteille casse pression) 897
QUIZ n°50	11 questions (circuits de distribution d'eau glacée) Nouveau 900
Bouteille casse pression	Compléments d'information 901
	Exo 231 (utilisation d'un tube casse pression) 904
	Exo 232 (utilisation d'un tube de by-pass) 906
	Exo 233 (bouteille utilisée en stockage d'eau glacée) 907
	Exo 234 (bouteille utilisée sur circuits multiples) 910
	Exo 235 (bouteille montée horizontalement) 911
	Exo 236 (bouteille avec boucle d'injection) 913
QUIZ n°51	11 questions sur les bouteilles casse-pression Nouveau 915
Split eau glacée au R407C	Contrôles avant la mise en service 917
	Exo 237 (pressions dans le circuit hydraulique) 923
	Exo 238 (comment régler le pressostat "manque d'eau" ?) 925

QUIZ n°52**Split eau glacée au R407C****Débit d'eau trop faible****QUIZ n°53****Exemples de calcul des pertes de charge****Contrôle du débit par le ΔP de l'évapo.****QUIZ n°54****Pompe et réseau : une affaire de mariage****Pompe en série ou en parallèle****QUIZ n°55****Vannes de régulation 3 voies****QUIZ n°56****Montage des V3V****QUIZ n°57****Sélection des vannes 3 voies de régulation****QUIZ n°58****Montages NO des V3V et free-cooling**

Exo 239 (courts-cycles par le pressostat 'manque d'eau')	926
Exo 240 (mise en service complète de la machine)	929
11 questions (mise en service d'un split eau glacée)	Nouveau 933
Analyse des problèmes de manque de débit d'eau	934
Exos 241 et 242 (conséquences du manque de débit)	935
Exo 243 (dépannage après coupures en antigel)	938
Synoptique des pannes	940
La HMT est égale à zéro	943
La HMT est inférieure à zéro	945
La HMT est très faible	947
La HMT est proche de la HMT0	951
La pression à l'aspiration de la pompe est négative	953
Exo 244 (vanne fermée en amont du vase d'expansion)	953
Exo 245 (vanne fermée en aval du vase d'expansion)	954
Exo 246 (fermeture des 2 vannes ci-dessus)	955
Exo 247 (vase d'expansion au refoulement de la pompe)	956
11 questions sur les problèmes de débit d'eau	Nouveau 957
Résistance hydraulique et sélection des pompes	959
Exo 248 (PdC d'un circuit simple)	961
Exo 249 (sélection de la pompe)	962
Exo 250 (HMT de la pompe)	963
Exo 251 (répercussions sur le circuit de vannes fermées)	964
Exo 252 (PdC d'un circuit avec plusieurs batteries en parallèle)	967
Présentation de la technique et évaporateurs à plaques brasées	968
11 questions sur le calcul des pertes de charge	Nouveau 970
Comment adapter une pompe à un réseau hydraulique ?	971
Exo 253 (surdébit et conséquences en déshumidification)	973
Exo 254 (vanne d'équilibrage pour réduire le débit)	975
Exo 255 (problème du montage en parallèle de 2 pompes)	978
Exo 256 (solution du problème précédent)	979
Exo 257 (utilisation de circulateurs jumelés)	980
Exo 258 (courbe de 2 pompes en parallèle)	981
Exo 259 (courbe de 2 pompes en série)	985
11 questions sur les chapitres précédents	Nouveau 988
Généralités	989
Exo 260 (régulation du compresseur)	993
Exo 261 (régulation de la vanne)	995
Exo 262 (problème d'équilibrage)	997
Exo 263 (problème de pompe)	999
11 questions sur les pompes en série ou en parallèle	Nouveau 1001
Étude des différents montages classiques	1003
Exo 264 (les 4 montages principaux)	1004
Exo 265 (erreur de montage sur de l'eau glacée)	1008
Exo 266 (correction de l'erreur de montage)	1009
Exo 267 (rôle de la vanne d'équilibrage)	1010
Exo 268 (montage en mélange et déshumidification)	1011
Exos 269 + 270 (problèmes de déshumidification)	1013
11 questions sur le montage des vannes 3 voies	Nouveau 1016
Exo 271 (la notion d'autorité)	1017
Exo 272 (HMT de la pompe selon la V3V)	1019
Exo 273 (sélection d'une V3V)	1021
Exo 274 (relation entre Kvs de la vanne et autorité)	1024
Exo 275 (synthèse sur les circuits d'eau glacée)	1026
Exo 276 (synthèse sur les circuits de pompe à chaleur)	1027
11 questions sur la sélection des vannes à 3 voies	Nouveau 1032
Étude de quelques montages spéciaux	1033
Exo 277 (montage en décharge inversée NO)	1034
Exo 278 + 279 (montage en mélange NO)	1036
Exo 280 (free-cooling en régime été)	1037

	Exo 281 (free-cooling en régime hiver)	1038
	Exo 282 (amélioration n°1 du montage en free-cooling)	1039
	Exo 283 (amélioration n°2 du montage en free-cooling)	1041
Quelques problèmes électro-hydrauliques	Le flow switch clignote, permutation automatique de pompes, etc.	1042
	Exo 284 (comment temporiser le flow switch ?)	1043
	Exo 285 (permutation automatiques de 2 pompes)	1048
	Exo 286 + 287 (problèmes liés à la permutation auto).	1049
	Exo 288 (asservissement pompe condenseur au compresseur)	1052
	Exo 289 (amélioration du schéma précédent)	1053
	Exo 290 (schéma complet d'une production d'eau glacée)	1055
QUIZ n°59	11 questions sur les 2 chapitres précédents	Nouveau 1059
Quelques problèmes liés au glycol	Principales différences entre l'eau et l'eau glycolée	1060
	Exo 291 (influence d'un ajout de glycol sur le débit de la pompe)	1061
Fonctionnement des amplificateurs	Exos 292 à 298 (# montages avec des transistors et ampli-op)	1065
Les régulateurs analogiques	Conception, fonctionnement et schémas internes simplifiés	1073
	Exo 299 (le pont de Wheatstone)	1074
	Exo 300 + 301 (schémas de régulateurs P en DA et en RA).	1077
	Exo 302 (schéma d'un régulateur ToR)	1078
	Exo 303 (schéma d'un régulateur Mixte P et ToR)	1079
	Exo 304 (schéma d'un régulateur différentiel)	Nouveau 1081
QUIZ n°60	11 questions sur les 3 chapitres précédents	Nouveau 1083
Les capteurs utilisés en froid et clim	Sondes passives et actives. De θ , P, HR, soleil et vent.	1084
Introduction à la régulation numérique	Entrées et sorties digitales et analogiques	1090
	Exo 305 (fonctionnement d'un convertisseur analogique/digital)	1092
	Exo 306 (convertisseurs A/D et D/A)	1094
QUIZ n°61	11 questions sur les capteurs et la régul numérique	Nouveau 1097
Problème de la récupération d'énergie	Étude d'une installation tout air neuf	1099
	Exo 307 (CTA tout air neuf et caisson de mélange)	1101
	Exo 308 + 309 (système 2 batteries eau glycolée)	1102
	Exo 310 (rendement de récupération du système)	1104
	Exo 311 + 312 (optimisation complète du montage)	1107
	Exo 313 + 314 (humidification et montage hydraulique)	1110
	Exo 315 (régulation du système de récupération optimisé)	1111
	Exo 316 (problème des courts-cycles en régulation)	1115
	Exo 317 (régulation de l'ensemble de l'installation)	1117
QUIZ n°62	11 questions sur la récupération d'énergie	Nouveau 1120
Les échangeurs de chaleur	Exo 318 (efficacité des échangeurs à plaques)	Nouveau 1121
	Exo 319 (problème du givrage dans l'échangeur)	Nouveau 1123
	Exo 320 (l'échangeur vertical gravitaire)	Nouveau 1125
	Exo 321 (l'échangeur horizontal capillaire)	Nouveau 1128
QUIZ n°63	11 questions sur les chapitres précédents	Nouveau 1130
La régulation Proportionnelle	Quelques précisions sur l'offset et la nature des boucles	1131
	Exo 322 + 323 (bande proportionnelle, boucle longue et courte)	1133
	Exo 324 (analyse complet d'une centrale de traitement d'air)	1137
	Comment régler un régulateur P en boucle courte ?	1142
QUIZ n°64	11 questions sur la régulation proportionnelle	Nouveau 1146
Quelques montages particuliers	Exo 325 (régulation de deux V3V en parallèle)	Nouveau 1147
	Exo 326 (régulation d'une batterie électrique à étages)	Nouveau 1150
	Exo 327 (régulation binaire)	Nouveau 1151
	Exo 328 + 329 (schéma binaire et CTA chaud-froid)	Nouveau 1153
	Exo 330 + 331 (réglage de la CTA et humidification)	Nouveau 1155
	Exo 332 (CTA avec primaire et secondaire chaudes)	Nouveau 1160
	Exo 333 (réglages d'une CTA pour éviter le gel)	Nouveau 1161
	Exo 334 (graphe d'humidification et de déshumidif.)	Nouveau 1162
	Exo 335 (régulateur avec limite haute ou basse)	Nouveau 1163
	Exo 336 (concilier déshu été et risques de gel hiver ?)	Nouveau 1165
QUIZ n°65	11 questions sur la régul de # montages particuliers	Nouveau 1167
La régul. Proportionnelle Intégrale (PI)	Exo 337 (problème de l'offset, comment l'éliminer ?)	1169
	Exo 338 + 339 (temps d'intégration trop court ou trop long)	1171

La régulation PID

QUIZ n°66

Réglementation sur les fluides frigorigènes

Problèmes avec par les nouveaux fluides

QUIZ n°67

Conversion à un nouveau fluide frigo

Récupération des fluides frigorigènes

QUIZ n°68

Problèmes frigorifiques divers

L'hygrométrie en froid commercial

QUIZ n°69

Froid commercial : le dégivrage

QUIZ n°70

Froid commercial : questions diverses

La HP flottante

QUIZ n°71

Le diagramme enthalpique

QUIZ n°72

Le CO₂ utilisé comme fluide frigorigène

Le CO₂ utilisé en régime subcritique

Le CO₂ utilisé en régime transcritique

QUIZ n°73

Exo 340 (Liens entre xP et Tn, comment régler un régulateur PI ?) .1173

Rôle de l'action Dérivée sur la réponse à une perturbation .1177

Exo 341 (problème des retards) .1179

11 questions sur la régulation PI et PID .1182

Les différentes évolutions .1183

Contrôle des compétences et des connaissances des professionnels .1184

Tour d'horizon des changements apportés par les HFC .1183

11 questions (réglementation et nouveaux fluides) .1199

Les différents fluides de drop-in et de retrofit .1200

Analyse des différentes méthodes de récupération .1205

Exo 342 (groupe de transfert) .1219

Exo 343 (purge du groupe de transfert) .1221

11 questions sur la récupération des fluides frigos .1224

Méthode du triple vide, tube plongeur cassé, etc. .1225

Exo 344 (charge en gaz d'un circuit et la bouteille givre) .1227

Analyse détaillée de ce problème souvent négligé .1231

Exo 345 (sélection du coupe évaporateur / compresseur) .1235

11 questions sur le froid commercial .1237

Les différentes techniques en froid positif et négatif .1239

Exo 346 (utilisation d'un pressostat BP de régulation) .1241

Exo 347 (dégivrage par gaz chauds) .1245

Exos 348 + 349 (par gaz chauds et par inversion de cycle) .1247

11 questions sur les techniques de dégivrage .1252

Thermostats, compresseurs BP, MP et HP, vanne à P. constante .1253

Fonctionnement du système .1259

11 questions sur le froid commercial .1262

Exo 350 (repérage des zones du diagramme) .1263

Exo 351 (tracé d'un diagramme simplifié) .1267

Exo 352 (tracé d'un cycle complet) .1270

Exo 353 (bilan des puissances mises en jeu) .1272

Exo 354 (conséquences d'une augmentation de la HP) .1273

Exo 355 (conséquences d'une diminution de la BP) .1275

Exo 356 (conséquences des PdC à l'aspiration) .1277

11 questions sur le diagramme enthalpique .1279

Exo 357 (rajout d'un sous-refroidisseur évaporatif) .1280

Présentation et problèmes posés pour son utilisation .1284

Analyse détaillée du fonctionnement .1287

Exo 358 (étude d'une cascade HFC-CO₂) .1290

Exo 359 (fonctionnement en simple étage) .1293

Exo 360 (comment améliorer le fonctionnement ?) .1295

11 questions sur le CO₂ (nom de code R744) .1298